

D3



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 42 43 245 A 1

57 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
B 60 T 8/00  
B 60 T 8/60  
B 60 T 8/26

21 Aktenzeichen: P 42 43 245.6  
22 Anmeldetag: 19. 12. 92  
43 Offenlegungstag: 23. 6. 94

DE 42 43 245 A 1

71 Anmelder:  
Wabco Standard GmbH, 5300 Bonn, DE

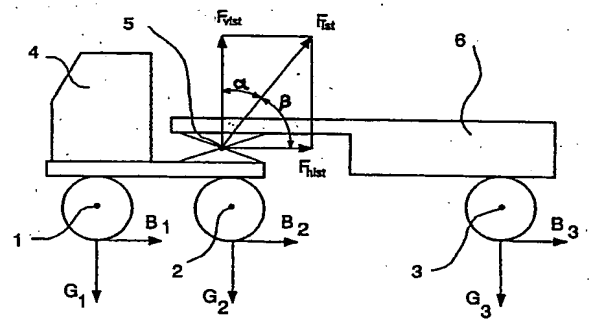
72 Erfinder:  
Frank, Dieter, Dipl.-Ing., 3000 Hannover, DE;  
Schappler, Hartmut, Dipl.-Ing., 3000 Hannover, DE;  
Stender, Axel, Dipl.-Ing., 3250 Hameln, DE; Witte,  
Norbert, Dipl.-Ing., 3150 Wunstorf, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	40 35 805 C1
DE	40 03 316 A1
DE	39 11 253 A1
DE	34 28 192 A1
US	50 29 947
EP	03 01 243 A2
EP	02 92 687 A2
EP	3 03 827 A1

54 Verfahren zur Abbremsung eines Fahrzeugzuges

57 Ein bekanntes Verfahren zur Abbremsung eines Fahrzeugzuges vom Typ Sattelzug sieht vor, in einem Betriebspunkt im Teilbremsbereich die Zuordnung der Zuspannenergien der Einzelfahrzeuge zu bestimmen und diese Zuordnung in Betriebspunkten mit höheren Abbremsungen einzuregeln. Dieses Verfahren bietet damit ein angenähert stabilitätsoptimiertes Abbremsen des Fahrzeugzuges.  
Die Erfindung schlägt zur Erzielung eines genau stabilitätsoptimierten Abbremsens im gesamten Bremsbereich in einer ersten Lösung vor, aus der vertikalen Kupplungskraft ( $F_{v\text{ist}}$ ) und der Fahrzeugzugverzögerung ( $b$ ) eine horizontale Soll-Kupplungskraft ( $F_{h\text{so}}ll$ ) zu berechnen und die Zuspannenergie des Anhängers so zu steuern, daß die sich einstellende horizontale Ist-Kupplungskraft ( $F_{h\text{ist}}$ ) sich der horizontalen Soll-Kupplungskraft ( $F_{h\text{so}}ll$ ) angleicht. In einer zweiten und dritten Lösung schlägt die Erfindung vor, die Zuspannenergie des Anhängers so zu steuern, daß das Verhältnis der horizontalen Ist-Kupplungskraft ( $F_{h\text{ist}}/F_{v\text{ist}}$ ) zu der vertikalen Ist-Kupplungskraft sich dem Verhältnis ( $b/g$ ) der Fahrzeugzugverzögerung zur Erdbeschleunigung angleicht.  
Bevorzugtes Anwendungsgebiet sind Fahrzeugzüge des Typs Sattelzug im Straßenverkehr.



DE 42 43 245 A 1

Die Erfindung betrifft Verfahren zur Abbremsung eines aus wenigstens zwei Einzelfahrzeugen bestehendes Fahrzeugzuges gemäß dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 bis 3 sowie Fahrzeugzüge zur Durchführung der Verfahren.

Unter "Achsgruppe" sollen vorliegend sowohl eine Einzelachse als auch Mehrachsaggregate verstanden werden.

In einem Fahrzeugzug der im Oberbegriff genannten Art übernimmt das stützende Einzelfahrzeug im Stillstand und bei stationärer Fahrt, d. h. bei Fahrt mit gleichmäßiger Geschwindigkeit, einen Teil des Gewichts des gestützten Einzelfahrzeuges und bei instationärer Fahrt, d. h. beim Beschleunigen und Abbremsen, zusätzlich einen Teil der auf das gestützte Fahrzeug ausgeübten Beschleunigungs- bzw. Bremskraft.

Die Richtungsstabilität eines solchen Fahrzeugzuges ist beim Abbremsen gefährdet, wenn das gestützte Fahrzeug zu stark aufschiebt, weil seine Bremse bzw. seine Bremsen eine zu geringe Bremskraft erzeugen. In diesem Fall kann es zu einem Einknicken des Fahrzeugzuges (Jackknifing) kommen, mit der Folge erheblicher Gefährdung des Fahrzeugzuges selbst und des umgebenden Verkehrs.

Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist aus der DE 40 35 805 C1 bekannt. Dieses sieht vor, in einem Betriebspunkt, in dem bei niedrigem Niveau der den Bremsen zugeführten Energie die zwischen den Einzelfahrzeugen wirkende Kraft einen Sollwert angenommen hat, die Zuordnung der Energien der Einzelfahrzeuge zu bestimmen und, von dieser Zuordnung ausgehend, in Betriebspunkten mit hohem Energieniveau eine an bestimmte Fahrzeugparameter angepaßte Zuordnung einzuhalten. Das bekannte Verfahren bietet damit die Möglichkeit eines angenähert stabilitätsoptimierten Abbremsens des Fahrzeugzuges.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art mit einfachen Mitteln so zu verbessern, daß es in allen Betriebspunkten ein genau stabilitätsoptimiertes Abbremsen des Fahrzeugzuges sicherstellt.

Diese Aufgabe wird durch die in den Patentansprüchen 1 bis 3 angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Fortbildungen und Fahrzeugzüge zur Durchführung der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß ein Fahrzeugzug mit optimaler Richtungsstabilität, kurz stabilitätsoptimiert, abgebremst wird, wenn an allen gebremsten Rädern der Quotient aus der Bremskraft auf der Fahrbahnoberfläche und dem auf das jeweilige Rad entfallenden Achslastanteil gleich ist. Dieser Quotient wird üblicherweise Kraftschlußausnutzung (adhesion utilization)  $\mu$  genannt.

Im Sinne der Erfindung ist eine Bremse der jeweilige Bestandteil einer Bremsanlage, der unmittelbar die Bremskraft erzeugt. Im Falle einer nicht verschleißfreien Bremse ist dies eine Baugruppe, die aus der Radbremse, der Zusperrvorrichtung und etwaigen dazwischen angeordneten Übertragungsgliedern besteht.

Die Erfindung ist für jede Art Energie geeignet. Beispielhaft seien Druck einschließlich der Druckdifferenz zwischen Umgebungsdruck und einem Unterdruck, elektrische Energie oder menschliche Kraft erwähnt. Im Falle des Drucks als Energie sind als Energieträger beispielsweise Druckluft und hydraulische Druckmittel sowie Kombinationen daraus gebräuchlich. Es ist auch

üblich, für die Bremsbetätigung und die Betätigungssteuerung unterschiedliche Energiearten einzusetzen, beispielsweise Druck als Betätigungsenergie und elektrische Energie als Steuerenergie. Die oben erwähnte Zusperrvorrichtung; ist im Falle von Druck als Energie üblicherweise als Bremszylinder ausgebildet.

Weitere Vorteile der Erfindung werden in deren nunmehr folgender Erläuterung anhand von in Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen angegeben.

Während

Fig. 1 der Erläuterung der Erfindung zugrundeliegenden Zusammenhänge anhand eines Fahrzeugzuges dient, zeigen unter durchgehender Verwendung gleicher Bezugszeichen für Elemente mit gleicher Funktion, ausgezogener Linien für (Betätigungs-)Energieleitungen, gestrichelter Linien für Steuerleitungen und strichpunktierter Linien für Signalleitungen.

Fig. 2 schematisch eine Bestückung des Fahrzeugzuges nach Fig. 1 zur Gewährleistung stabilitätsoptimierten Abbremsens.

Fig. 3 schematisch den Fahrzeugzug nach Fig. 2 mit einer anderen Bestückung.

Fig. 4 schematisch die Gegebenheiten einer beispielhaften Kraftmeßeinrichtung.

Der in Fig. 1 dargestellte Fahrzeugzug besteht aus einem stützenden Einzelfahrzeug (4) und einem gestützten Einzelfahrzeug (6). Das stützende Einzelfahrzeug (4) hat zwei Achsgruppen (1 und 2), das gestützte Einzelfahrzeug (6) hat eine Achsgruppe (3), die jeweils durch ein Rad repräsentiert sind. Das gestützte Fahrzeug (6) ist über eine schematisch dargestellte Kupplung (5) mit dem stützenden Einzelfahrzeug (4) verbunden. Die Einzelfahrzeuge (4 und 6) können in bekannter Weise weitere Achsgruppen aufweisen. Für diesen Fall gelten die folgenden Ausführungen in entsprechender Anwendung mit.

Das Gewicht des gestützten Einzelfahrzeuges (6) ruft zwischen den Rädern von dessen Achsgruppe (3) und der Fahrbahn eine Achslast ( $G_3$ ) und in der Kupplung (5) eine vertikale Ist-Komponente hervor, die gleich der eingezeichneten Kraft ( $F_{vis}$ ), aber dieser entgegengerichtet ist. Die vertikale Ist-Komponente ( $F_{vis}$ ) verursacht zwischen den Rädern der Achsgruppen (1 und 2) des stützenden Einzelfahrzeuges (4) und der Fahrbahn Achslastanteile, die sich mit den Eigengewichtsanteilen des stützenden Einzelfahrzeuges (4) zu Achslasten ( $G_1$  und  $G_2$ ) summieren.

Im Stillstand und bei stationärer Fahrt des Fahrzeugzuges bestimmen sich die dann "statisch" genannten Werte der vertikalen Ist-Komponente ( $F_{vis}$ ) und der Achslasten ( $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ ) in bekannter Weise aus bestimmten Abmessungen und den horizontalen Lagen der Schwerpunkte der Einzelfahrzeuge (4) und (6). Für den beschleunigten oder abgebremsten Fahrzeugzug bestimmen sich in bekannter Weise dann die "dynamisch" genannten Werte der genannten Größen außerdem aus der Ist-Fahrzeugzugbeschleunigung bzw. der Ist-Fahrzeugzugverzögerung ( $b$ ) und den vertikalen Schwerpunktlagen.

Die Einzelfahrzeuge (4) und (6) besitzen an jeder Achsgruppe (1, 2, 3) wenigstens eine Bremse. Bei einer Bremsbetätigung übertragen die gebremsten Räder der Achsgruppen (1, 2, 3) auf die Fahrbahnoberfläche Bremskräfte, deren Reaktionskräfte achsgruppenweise mit  $B_1$ ,  $B_2$  und  $B_3$  bezeichnet und unmaßstäblich dargestellt sind.

Mit den bisher eingeführten Bremskraft- bzw. Achslastsymbolen lautet die oben erwähnte Bedingung für

stabilitätsoptimiertes Abbremsen

$$\mu = B_1/G_1 = B_2/G_2 = B_3/G_3 \quad (I).$$

Mit  $m_1, m_2, m_3$  als auf die jeweilige Achsgruppe (1, 2, 3) entfallender jeweiliger Fahrzeugmasse und der Erdbeschleunigung ( $g$ ) ergibt sich

$$\mu = m_1 \cdot b/m_1 \cdot g = m_2 \cdot b/m_2 \cdot g = m_3 \cdot b/m_3 \cdot g = b/g \quad (II).$$

Bei einer Bremsbetätigung entsteht in der Kupplung (5) eine Bremskraft ( $F_{\text{Hst}}$ ) auf das gestützte Einzelfahrzeug (6). Diese und die vertikale Ist-Komponente ( $F_{\text{Vst}}$ ) bilden als Resultierende die bei einer Bremsbetätigung zwischen den Einzelfahrzeugen (4) und (6) wirkende Kraft ( $F_{\text{Ist}}$ ). Diese greift unter einem Winkel ( $\alpha$ ) zur Vertikalen und unter einem Winkel ( $\beta$ ) zur Horizontalen an. Dargestellt sind die Kraft ( $F_{\text{Ist}}$ ) und ihre Ist-Komponenten in ihrer Wirkrichtung auf das gestützte Einzelfahrzeug (6). Den weiter unten beschriebenen Auswertungen der Kraft ( $F_{\text{Ist}}$ ) und ihrer Ist-Komponenten können aber mit gleichem Ergebnis die durch sie hervorgerufenen Reaktionskräfte auf das stützende Einzelfahrzeug (4) zugrundegelegt werden.

Die vorstehenden Erläuterungen und die zeichnerische Darstellung unterstellen, daß das stützende Einzelfahrzeug (4) dem gestützten Einzelfahrzeug (6) vorausfährt. Der Fachmann erkennt, daß diese Erläuterungen und die zeichnerische Darstellung in entsprechender Anwendung bzw. mit entsprechenden Änderungen auch gelten, wenn das stützende Einzelfahrzeug (4) dem gestützten Einzelfahrzeug (6) hinterherläuft, wie es beispielsweise im Schienenverkehr und im Rangierbetrieb von Straßen-Fahrzeugzügen üblich ist.

Typische Beispiele für Fahrzeugzüge der dargestellten Art sind Sattelzüge, Deichselzüge mit aufgestützter starrer Deichsel und Gelenkbusse. Das stützende Fahrzeug ist normalerweise in einem Sattelzug eine Zugmaschine und in einem Deichselzug sowie einem Gelenkbus ein Motorfahrzeug mit eigenem Nutzlast- bzw. Personenaufbau. Das gestützte Einzelfahrzeug ist normalerweise in einem Sattelzug der Sattelanhänger, in einem Deichselzug ein Einachs- bzw. ein als solcher anzusehender Mehrachsanhänger und in einem Gelenkbus ein aufgestützter Nachläufer. Es sind aber auch Fahrzeugzüge mit mehr als zwei Einzelfahrzeugen bekannt, in denen sowohl das stützende als auch das gestützte Einzelfahrzeug der Kategorie "Anhänger" angehören. Es sei noch erwähnt, daß in einem Deichselzug und in einem Gelenkbus die Kupplung normalerweise, anders als dargestellt, hinter der letzten Achsgruppe des stützenden Einzelfahrzeugs angeordnet ist.

Den nunmehr folgenden Ausführungen zu Bestückungen dieses Fahrzeugzuges anhand der Fig. 2 und 3 ist die Annahme zugrundegelegt, daß der Fahrzeugzug ein Sattelzug mit einer Zugmaschine als stützendes Fahrzeug (4) und einem Sattelanhänger als gestütztes Fahrzeug (6) ist. Für anders zusammengesetzte Fahrzeugzüge gelten diese Ausführungen entsprechend.

Laut Fig. 2 enthalten die Zugmaschine an jeder Achsgruppe eine Zugmaschinenbremse (28, 30) und der Sattelanhänger an seiner Achsgruppe eine Anhängerbremse (20), die alle durch Energiezufuhr betätigbar und symbolisch durch ihre Zuspandeneinrichtungen dargestellt sind. Jede der genannten Bremsen kann für die betreffende Achsgruppe die einzige sein, aber auch stellvertretend für eine Mehrzahl von Bremsen stehen. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Kraftschlußausnutzung an

den gebremsten Rädern der Zugmaschine ist ein in bekannter Weise ausgebildeter automatischer Bremskraftregler (29) vorgesehen.

Die Zugmaschinenbremsen (28, 30) sind Bestandteile einer Zugmaschinenbremsanlage (10, 11, 28, 30), die außerdem aus einem Zugmaschinenenergievorrat (11), einem Bremswertgeber (10) und den zugehörigen Energieleitungen besteht. Der Bremswertgeber (10) ist einerseits mit dem Zugmaschinenenergievorrat (11) und andererseits mit den Zugmaschinenbremsen (28, 30) bzw. dem Bremskraftregler (29) verbunden.

In der Zugmaschine ist außerdem ein Anhängerenergieeinsteller (25) mit zwei Steuereingängen (24, 26) angeordnet, dessen erster Steuereingang (26) parallel zu den Zugmaschinenbremsen (28, 30) über eine Steuerleitung (27) mit dem Bremswertgeber (10) verbunden ist.

Die Anhängerbremse (20) ist Bestandteil einer Anhängerbremsanlage (18, 19, 20, 25), die außerdem aus dem in der Zugmaschine angeordneten Anhängerenergieeinsteller (25), einem Anhängerenergievorrat (18) und einer Anhängersteuereinrichtung (19), die beide im Sattelanhänger angeordnet sind, sowie den zugehörigen Energieleitungen besteht. Ein Steuereingang der Anhängersteuereinrichtung (19) ist über eine teils in der Zugmaschine, teils im Sattelanhänger angeordnete und eine Steuerkupplung (22) enthaltende Anhängersteuerleitung (21, 22, 23) mit dem Ausgang des Anhängerenergieeinstellers (25) verbunden. Die Anhängersteuereinrichtung (19) und der Anhängerenergieeinsteller (25) bilden einschließlich der zugehörigen Steuerleitungen (21, 22, 23, 27) eine Mitsteuereinrichtung (19, 25) für die Anhängerbremse (20).

Die Zugmaschinenbremsanlage (10, 11, 28, 30) und die Anhängerbremsanlage (18, 19, 20, 25) können jeweils eine Betriebsbremsanlage, eine Hilfsbremsanlage oder eine (verschleißlose) Dauerbremsanlage sein, wie sie bekannt und in vielen Ländern auch durch Gesetz definiert und vorgeschrieben sind. Die Zugmaschinenbremsanlage und/oder die Anhängerbremsanlage können in üblicher, aber nicht dargestellter Weise in wenigstens zwei Bremskreise mit getrennten Energievorräten und mehrkreisigem Bremswertgeber und Anhängerenergieeinsteller bzw. mehrkreisiger Anhängersteuereinrichtung aufgeteilt sein.

Zur Energieversorgung der Energievorräte (11 und 18) sowie des Anhängerenergieeinstellers (25) ist in der Zugmaschine noch eine in bekannter Weise aufgebaute und nicht dargestellte Energiebeschaffungsanlage einschließlich der zugehörigen Verteilungs- und Sicherungseinrichtungen sowie Energieleitungen angeordnet.

Die bisher erwähnten Bestandteile der Bremsanlagen sind für sich und in ihrem Zusammenwirken bekannt. Wenn als Energie Druck und als Energieträger ein oder mehrere Druckmittel dienen, sind die Energievorräte (11 und 18) als Druckspeicher, der Bremswertgeber (10) als fuß- oder handbetätigtes Ventil, der Anhängerenergieeinsteller (25) als Anhängersteuerventil und die Anhängersteuereinrichtung (19) als Anhängerbremsventil ausgebildet.

Zwecks einer Bremsbetätigung leitet der Fahrzeugführer ein Energieanforderungssignal in Form einer Betätigungskraft und/oder eines Betätigungsweges in den Bremswertgeber (10) ein. Dieser läßt daraufhin aus dem Zugmaschinenenergievorrat (11) Energie zu den Zugmaschinenbremsen (28, 30) und dem ersten Steuereingang (26) des Anhängerenergieeinstellers durch, deren Wert von dem Wert des Energieanforderungssignals bestimmt ist. Durch die Beaufschlagung seines ersten

Steuereingangs (26) wird der Anhängerenergieeinsteller (25) veranlaßt, über die Anhängersteuerleitung (21, 22, 23) ein entsprechendes Energiesignal an die Anhängersteuereinrichtung (19) abzugeben. Dadurch wird diese veranlaßt, aus dem Anhängerenergievorrat (18) Energie mit einem dem Wert des Anhängerenergiesignals entsprechenden Wert zu der Anhängerbremse (20) durchzulassen. Vor Zuführung der von dem Bremswertgeber (10) bzw. von der Anhängersteuereinrichtung (19) durchgelassenen Energie zu der jeweiligen Bremse (28 bzw. 20) kann diese Energie in bekannter Weise durch weitere Einrichtungen beeinflusst werden. Eine solche Einrichtung für die eine Zugmaschinenbremse (30) ist der Bremskraftregler (29), andere solche Einrichtungen sind beispielsweise Ventile einer Blockierschutzanlage. Infolge der Energiezufuhr erzeugen die Motorfahrzeugbremsen (28, 30) und die Anhängerbremse (20) dem Wert der jeweils zugeführten Energie entsprechende Bremskräfte. Dabei stellt der Bremskraftregler (29) die von ihm kontrollierte Energie so ein, daß sich an den gebremsten Rädern beider Achsgruppen (1 und 2) der Zugmaschine die gleiche Kraftschlußausnutzung  $\mu = B_1/G_1 = B_2/G_2$  ergibt.

Mittels des Bremswertgebers (10) steuert also der Fahrzeugführer den Einsatz der Bremsen (28, 30 und 20) und dosiert deren Wirkung bzw. beteiligt sich an der Dosierung der Wirkung.

Der Dosierung der Wirkung der Anhängerbremse (20) durch den Fahrzeugführer bzw. der Beteiligung des Fahrzeugführers an dieser Dosierung ist eine Kupplungskraftregelung überlagert. Diesem Zweck dienen eine Kraftmeßeinrichtung (17), eine Verzögerungsmeßeinrichtung (12), eine Auswerteschaltung (14) und der zweite Steuereingang (24) des Anhängerenergieeinstellers (25), der die Funktion eines elektrischen Steuereingangs der Mitsteuereinrichtung (19, 25) wahrnimmt.

Die nur schematisch dargestellte Kraftmeßeinrichtung (17), deren Ausgang mit einem Eingang (16) der Auswerteschaltung (14) verbunden ist, ist an geeigneter Stelle im Bereich der Kupplung (5) und/oder ihrer Befestigung angeordnet. Die Kraftmeßeinrichtung (17) ist von einer Bauart, welche die anhand der Fig. 1 beschriebenen Ist-Komponenten ( $F_{vist}$ ) und ( $F_{hist}$ ) der zwischen den Einzelfahrzeugen wirkenden Kraft ( $F_{ist}$ ) direkt mißt oder Komponenten der Kraft ( $F_{ist}$ ) in anderen Richtungen, also in zur Vertikalen und/oder Horizontalen geneigten Richtungen mißt, aus denen die Auswerteschaltung (14) oder eine nicht dargestellte zusätzliche Rechenstufe die genannten Ist-Komponenten berechnen kann. Solche Kraftmeßeinrichtungen sind als komplette Baueinheiten bekannt und können auch aus Einzelkraftsensoren in geeigneter Winkelanordnung zusammengestellt werden.

Die ebenfalls nur schematisch angedeutete Verzögerungsmeßeinrichtung (12), deren Ausgang mit einem Eingang (13) der Auswerteschaltung (14) verbunden ist, mißt die Ist-Fahrzeugzugverzögerung ( $b$ ) und ist an geeigneter Stelle eines oder beider Einzelfahrzeuge angeordnet. Auch derartige Verzögerungsmeßeinrichtungen sind bekannt. Sie können beispielsweise aus der Blockierschutztechnik übernommen werden. Ist ein oder sind beide Einzelfahrzeuge mit einer Blockierschutzanlage ausgerüstet, so liefert diese mittels eines oder mehrerer Raddrehzahlsensoren praktisch ohne Mehraufwand Signale, welche die Ist-Fahrzeugzugverzögerung ( $b$ ) abbilden.

Die Auswerteschaltung (14) weist einen mit dem zweiten Steuereingang (24) des Anhängerenergieein-

stellers (25) verbundenen Ausgang (15) auf. Sie verarbeitet die Signale der Kraftmeßeinrichtung (17) und der Verzögerungsmeßeinrichtung (12) auf die nachstehend näher beschriebenen Arten und enthält alle dazu erforderlichen, für sich bekannten, Schaltungselemente mit den notwendigen Programmierungen.

In einer ersten Ausgestaltung berechnet die Auswerteschaltung (14) zunächst aus der vertikalen Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) und der Ist-Fahrzeugzugverzögerung ( $b$ ) eine horizontale Soll-Komponente ( $F_{hsoll}$ ) nach der Beziehung:

$$F_{hsoll} = F_{vist} \cdot b/g \quad (III).$$

Sodann vergleicht die Auswerteschaltung (14) die horizontale Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) mit der so gewonnenen horizontalen Soll-Komponente ( $F_{hsoll}$ ) und gibt, wenn und solange sie eine Ungleichheit feststellt, ein Steuersignal an den zweiten Steuereingang (24) des Anhängerenergieeinstellers (25) ab. Dieser verändert daraufhin das durch die Steuerleitung (21, 22, 23) zu der Anhängersteuereinrichtung (19) abgegebene Steuersignal so lange und/oder so stark, bis bzw. daß die Anhängerbremse (20) aufgrund der geänderten Energiezufuhr ihre Bremskrafterzeugung derart geändert hat, daß die Ungleichheit verschwindet. Es versteht sich, daß der Begriff Verschwinden der Ungleichheit im Rahmen der ausführbaren und üblichen Toleranzen zu verstehen ist.

Die so erzielte Kupplungskraftregelung hat zur Folge, daß sich an den gebremsten Rädern der Achsgruppe (3) des Sattelanhängers die gleiche Kraftschlußausnutzung  $\mu$  wie an gebremsten Rädern der den Achsgruppen (1) und (2) der Zugmaschine einstellt. Das ergibt sich aus folgenden Überlegungen.

Es sei  $m_A$  die Masse des Sattelanhängers (6) und  $m_K$  deren auf die Kupplung (5) entfallender Anteil.

Beim Verschwinden der genannten Ungleichheit, also bei  $F_{hist} = F_{hsoll}$ , wird  $m_K$  gerade mit der Ist-Fahrzeugzugverzögerung ( $b$ ) verzögert. Dies ist der Fall, wenn die Bremskraft  $B_3$  an der Achsgruppe (3) des Sattelanhängers den zugeordneten Masseanteil ( $m_A - m_K$ ) ebenfalls gerade mit ( $b$ ) verzögert.

$$\text{Also: } B_3 = (m_A - m_K) \cdot b \quad (IV).$$

Die zugehörige Achslast ist

$$G_3 = (m_A - m_K) \cdot g \quad (V).$$

Aus (IV) und (V) folgt nach Heraus kürzen von ( $m_A - m_K$ )

$$B_3/G_3 = b/g.$$

Dieser Quotient ist nach der weiter vorn angegebenen Beziehung (II) die auch an den Rädern der Achsgruppen (1) und (2) der Zugmaschine herrschende Kraftschlußausnutzung  $\mu = B_1/G_1 = B_2/G_2$ .

Die Funktion der Kupplungskraftregelung kann verbessert werden, wenn die Einflüsse einer etwa vorhandenen Dauerbremsanlage und der Fahrbahnneigung (Berg- und Talfahrt) auf die Bremskraftverteilung im Fahrzeugzug berücksichtigt werden, um eine mögliche Überhitzung der Anhängerbremse (20) zu verhindern.

Dazu kann bei Beginn einer Bremsbetätigung die etwa aus der vorherigen stationären Fahrt vorhandene horizontale Kraftkomponente gemessen und gespeichert werden und als Nullpunktfehlerwert während der

Kupplungskraftregelung vom momentanen  $F_{\text{hist}}$  abgezogen werden.

Der Nullpunktfehler der Kraftmeßeinrichtung (17) in horizontaler Richtung wird dadurch ebenfalls abgeglichen.

In der weiter vorn erwähnten Ausgestaltung der Kraftmeßeinrichtung (17), in der diese Komponenten der Kraft ( $F_{\text{ist}}$ ) in anderen Richtungen mißt und in der keine zwischengeschaltete Rechenstufe vorgesehen ist, übernimmt die Auswerteschaltung (14) zusätzlich zu den obengenannten Funktionen die Berechnung der vertikalen und horizontalen Ist-Komponente  $F_{\text{vist}}$  und  $F_{\text{hst}}$  aus den Signalen der Kraftmeßeinrichtung (17).

In einer alternativen Ausgestaltung bildet die Auswerteschaltung (14) zunächst das Verhältnis ( $F_{\text{hist}}/F_{\text{vist}}$ ) der horizontalen Ist-Komponente ( $F_{\text{hst}}$ ) zu der vertikalen Ist-Komponente ( $F_{\text{vist}}$ ) und das Verhältnis der Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) zu der Erdbeschleunigung (g). Sodann vergleicht die Auswerteschaltung (14) diese Verhältnisse und gibt, wenn und solange sie eine Ungleichheit der Verhältnisse feststellt, das Steuersignal ab. Die Folgen und das Ergebnis sind dieselben wie bei der früheren Ausgestaltung.

In einer alternativen Ausgestaltung bildet die Auswerteschaltung (14) das Produkt ( $F_{\text{hist}} \times g/F_{\text{vist}}$ ) aus dem Verhältnis ( $F_{\text{hist}}/F_{\text{vist}}$ ) der horizontalen Ist-Komponente ( $F_{\text{hst}}$ ) zu der vertikalen Ist-Komponente ( $F_{\text{vist}}$ ) und der Erdbeschleunigung (g), vergleicht dieses Produkt mit der Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) und gibt, wieder mit denselben Folgen und demselben Ergebnis, bei Feststellen einer Ungleichheit das Steuersignal ab.

In nicht dargestellter Weise kann das Verschwinden der genannten Ungleichheiten auch durch zusätzlichen oder ausschließlichen Eingriff in die Dosierung der Bremsenergie in der Zugmaschine bewirkt werden.

In den zuletzt genannten Fällen, in denen die Auswerteschaltung (14) das Verhältnis ( $F_{\text{hist}}/F_{\text{vist}}$ ) der Ist-Komponenten ( $F_{\text{hist}}$ ,  $F_{\text{vist}}$ ) auswertet, kann die Kraftmeßeinrichtung (17) als Winkelmeßeinrichtung ausgebildet sein, die den Angriffswinkel  $\alpha$  zur Vertikalen oder  $\beta$  zur Horizontalen der Kraft ( $F_{\text{ist}}$ ) mißt. Es ist leicht nachvollziehbar, daß ( $\tan \alpha$ ) bzw. ( $\cotan \beta$ ) das Verhältnis ( $F_{\text{hist}}/F_{\text{vist}}$ ) der Ist-Komponenten wiedergeben. Auch als derartige Kraftmeßeinrichtungen verwendbare Winkelmeßeinrichtungen sind bekannt. In diesem Fall müßte eine in der Auswerteschaltung (14) untergebrachte oder als eigene Zwischenstufe ausgebildete Rechenstufe aus den Signalen der als Winkelmeßeinrichtung ausgebildeten Kraftmeßeinrichtung (17) die genannten Winkelfunktionen bilden.

Die Funktion der Kupplungskraftregelung kann verbessert werden, wenn die Einflüsse einer etwa vorhandenen Dauerbremsanlage und der Fahrbahnneigung (Berg- und Talfahrt) auf die Bremskraftverteilung im Fahrzeugzug berücksichtigt werden, um eine mögliche Überhitzung der Anhängerbremse (20) zu verhindern.

Dazu kann bei Beginn einer Bremsbetätigung das etwa aus der vorherigen stationären Fahrt vorhandene Verhältnis ( $F_{\text{hist}}/F_{\text{vist}}$ ) gemessen und gespeichert werden und als Nullpunktfehlerwert während der Kupplungskraftregelung vom momentanen Verhältnis ( $F_{\text{hist}}/F_{\text{vist}}$ ) abgezogen werden.

Der Nullpunktfehler der als Winkelmeßeinrichtung ausgebildeten Kraftmeßeinrichtung (17) wird dadurch ebenfalls abgeglichen.

Hat die Kennlinie der Kraftmeßeinrichtung (17) einen Nullpunktfehler, so kann dieser abgeglichen werden, indem bei einem Betrieb der Zugmaschine ohne Sattel-

hänger das Kraftsignal gemessen und gespeichert wird und beim anschließenden Betrieb mit Sattelanhänger der gespeicherte Wert bei einer Bremsbetätigung durch eine Abstimmungsregelung als Offsetfehlergröße von dem momentanen Signal der Kraftmeßeinrichtung (17) abgezogen werden.

Als Kriterium zur Erkennung auf Betrieb der Zugmaschine ohne Sattelanhänger kann die etwa vorhandene Signalstörampplitude des Signals der Kraftmeßeinrichtung (17) dienen. Aufgrund von Rahmen- und Einfeder-schwingungen des bewegten Fahrzeugzuges enthält das Signal Störsignale. Aus den Störsignalen kann in Verbindung mit einer Information über das Erreichen einer vorbestimmten Fahrgeschwindigkeit zwischen Betrieb mit und ohne Sattelanhänger unterschieden werden.

Die Auswerteschaltung (14) kann des weiteren derart ausgestaltet sein, daß sie bei einer oder mehreren Bremsbetätigungen das Verhältnis zwischen den einer oder beiden Zugmaschinenbremsen (28, 30) und der Anhängerbremse (20) zugeführten Energien speichert und bei Beginn einer oder mehrerer folgenden Bremsbetätigungen das an die zweite Steuereinrichtung (24) des Anhängerenergieeinstellers (25) abgegebene Steuersignal so bemißt, daß die Werte der den Bremsen (20, 28, 30) der Einzelfahrzeuge zugeführten Energien das gespeicherte Verhältnis annehmen. In dieser Ausgestaltung wird bei Beginn der folgenden Bremsbetätigung bzw. der folgenden Bremsbetätigungen die Energie der Anhängerbremse (20) mit einer in vorangegangenen Bremsbetätigungen gelernten Grundeinstellung bzw. Voreinstellung zugeführt. Dadurch wird vermieden, daß die Kupplungskraftregelung bei jeder Bremsbetätigung die Kraftschlußausnutzung an den Rädern der Anhängerachse von Grund auf neu einregeln muß.

Die Verzögerungsmeßeinrichtung (12), die Auswerteschaltung (14) und die Kraftmeßeinrichtung (17) sind in Fig. 2 außerhalb der Einzelfahrzeuge dargestellt. Dadurch soll angedeutet sein, daß jede dieser Einrichtungen körperlich sowohl in der Zugmaschine als auch in dem Sattelanhänger untergebracht, aber auch auf diese verteilt, sein kann. Es ist auch möglich, daß in nicht dargestellter Weise die Anhängersteuereinrichtung (19) mit einer zweiten, elektrischen, Steuereinrichtung versehen ist. In diesem Fall würde der zweite Steuereingang der Anhängersteuereinrichtung (19) den elektrischen Steuereingang der Mitsteuereinrichtung (19, 25) bilden, wodurch der zweite Steuereingang (24) des Anhängerenergieeinstellers (25), jedenfalls zur Kupplungskraftregelung, entbehrlich würde.

In dem Fahrzeugzug gemäß Fig. 3 werden in der Zugmaschinenbremsanlage (11, 28, 30, 35, 36, 39, 40) und der Anhängerbremsanlage (18, 20, 37, 38) unterschiedliche Energiearten für die Bremsbetätigung und deren Steuerung eingesetzt, nämlich zur Steuerung elektrische Energie und als Betätigungsenergie beliebige Energie. Die im folgenden erwähnten Bauelemente dieser Bremsanlagen sind bekannt oder lassen sich durch einfache Adaptionen bekannter Bauelemente herstellen. Mit Druck als Betätigungsenergie sind solche gemischten Anlagen in Straßenfahrzeugen und Straßen-Fahrzeugzügen üblich.

Jeder Zugmaschinenbremse (28, 30) ist in diesem Fall ein eigener Energievorrat (11) zugeordnet. Die Zugmaschinenbremsanlage (11, 28, 30, 35, 36, 39, 40) besteht außerdem aus einem elektrischen Bremswertgeber (35), einer Zugmaschinenelektronik (36) und je einem Energieverteiler (39 und 40) für jede Zugmaschinenbremse (28 und 30). Die Zugmaschinenbremsanlage (11, 28, 30,

35, 36, 39, 40) ist in diesem Fall also zweikreisig dargestellt.

Die Anhängerbremsanlage (18, 20, 37, 38) besteht in diesem Fall außer aus dem Anhängerenergievorrat (18) und der Anhängerbremse (20) aus einer Anhängerelektronik (37) und einem Energieverteiler (38). Ein Eingang der Anhängerelektronik (37) ist mit einem Ausgang der Zugmaschinenelektronik (36) verbunden. Die Energieverteiler (38, 39, 40) können die einzigen Energieverteiler der Zugmaschine bzw. des Sattelanhängers sein, es können aber auch im Falle mehrerer Bremsen pro Achsgruppe je Bremse eigene Energieverteiler vorgesehen sein. Ein Energieverteiler in einem Straßenfahrzeug oder einem Straßen-Fahrzeugzug mit Druck als Betätigungsenergie wird häufig "elektrisch betätigter Druckmodulator" genannt.

Der Ausgang des Bremswertgebers (35) ist mit einem Eingang der Zugmaschinenelektronik (36) verbunden. Der das Steuersignal zur Kupplungskraftregelung abgebende Ausgang (15) der Auswerteschaltung (14) ist ebenfalls mit einem Eingang der Zugmaschinenelektronik (36) verbunden. Die Einrichtung zur Kupplungskraftregelung wirkt wie beim früheren Ausführungsbeispiel beschrieben.

Die Energieverteiler (38, 39, 40) besitzen jeweils einen Energieteil, an dem sie einerseits mit dem zugeordneten Energievorrat (11 bzw. 18) und andererseits mit der zugeordneten Bremse (28 bzw. 30 bzw. 20) verbunden sind. Die Energieverteiler (38, 39, 40) besitzen außerdem jeweils einen elektrischen Steuerteil, dessen Eingang mit einem Ausgang der jeweiligen Elektronik (36 bzw. 37) verbunden ist.

Bei einer Bremsbetätigung setzt der Bremswertgeber (35) das von dem Fahrzeugführer eingeleitete Energieanforderungssignal in ein elektrisches Energieanforderungssignal um, welches dem dem Bremswertgeber (35) zugeordneten Eingang der Zugmaschinenelektronik (36) zugeführt wird. Diese bereitet das Energieanforderungssignal zu Steuersignalen für die Energieverteiler (39, 40) der Zugmaschine und die Anhängerelektronik (37) auf. Dabei wertet die Zugmaschinenelektronik (36) das etwa von der Auswerteschaltung (14) empfangene Steuersignal aus.

Die Anhängerelektronik (37) bereitet das von der Zugmaschinenelektronik (36) empfangene Steuersignal zu einem Steuersignal für den zugeordneten Energieverteiler (38) auf. Bei der Aufbereitung der von ihnen an die Energieverteiler (38 bzw. 39 bzw. 40) abgegebenen Steuersignale können die Zugmaschinenelektronik (36) und die Anhängerelektronik (37) je nach näherer Ausgestaltung in bekannter und deshalb nicht näher beschriebener Weise in Signalform zugeführte, spezifische Fahrzeugparameter verarbeiten. Als derartige Fahrzeugparameter kommen insbesondere eine oder mehrere Rad- bzw. Achslasten in Betracht. In diesem Fall passen die Zugmaschinenelektronik (36) und/oder die Anhängerelektronik (37) das Steuersignal wenigstens eines Energieverteilers (38 bzw. 39 bzw. 40) der Lastverteilung an.

In der Zugmaschine stellt die Zugmaschinenelektronik (36) damit auf elektronischem Wege die lastabhängige Bremskraftregelung und damit die gleichmäßige Kraftschlußausnutzung an den gebremsten Rädern der Achsgruppen (1, 2) der Zugmaschine her.

Bei Erhalt des jeweiligen Steuersignals läßt jeder Energieverteiler (38 bzw. 39 bzw. 40) aus dem zugeordneten Energievorrat (11 bzw. 18) Energie zu der zugeordneten Bremse (28 bzw. 30 bzw. 20) durch, deren Wert von dem Wert des Steuersignals bestimmt ist, woraufhin

die Bremsen entsprechende Bremskräfte erzeugen. Diese sind durch die beschriebene Signalverarbeitung in der Zugmaschinenelektronik (36) bzw. in der Anhängerelektronik (37) im Sinne gleichmäßiger Kraftschlußausnutzung und damit im Sinne der Stabilitätsoptimierung auf die gebremsten Räder der Achsgruppen (1, 2, 3) verteilt.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel kann in nicht dargestellter Weise das von der Auswerteschaltung (14) abgegebene Steuersignal alternativ der Anhängerelektronik (37) zugeführt und von dieser ausgewertet werden.

Die Mitsteuereinrichtung ist in diesem Ausführungsbeispiel in die Elektronik (36, 37), in der zuletzt genannten Ausgestaltung in die Anhängerelektronik (37), integriert.

Fig. 4 zeigt schematisch die Gegebenheiten einer Kraftmeßeinrichtung (17), welche Komponenten ( $F_{\text{Mess1}}$  und  $F_{\text{Mess2}}$ ) der Kraft ( $F_{\text{Ist}}$ ) in zur Vertikalen und/oder Horizontalen geneigten Richtungen mißt. Die Richtungen sind mit ihren Winkeln ( $\gamma$  bzw.  $\delta$ ) zur Vertikalen bezeichnet. Es läßt sich nachweisen, daß folgende Beziehungen gelten:

$$F_{\text{Hst}} = F_{\text{Mess1}} \cdot \sin \gamma - F_{\text{Mess2}} \cdot \sin \delta \quad (\text{VI})$$

$$F_{\text{Vst}} = F_{\text{Mess1}} \cdot \cos \gamma + F_{\text{Mess2}} \cdot \cos \delta \quad (\text{VII})$$

Für die Ausgestaltungen, die das Verhältnis ( $F_{\text{Hst}}/F_{\text{Vst}}$ ) der Ist-Komponenten auswerten, ergibt sich dieses als der Quotient aus den Gleichungen (VI) und (VII).

Eine solche Kraftmeßeinrichtung ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn, wie üblich, die Meßgenauigkeit der verwendeten Sensoren im unteren Teil von deren Arbeitsbereich verringert ist. In einem solchen Fall liefert die Kraftmeßeinrichtung (17) bei direkter Messung der horizontalen Ist-Komponente ( $F_{\text{Hst}}$ ) für kleine Werte derselben ungenaue Ergebnisse, welche die Qualität der Kupplungskraftregelung beeinträchtigen können.

In der in Fig. 4 skizzierten Kraftmeßeinrichtung sind hingegen sämtliche Sensoren durch die vertikale Ist-Komponente ( $F_{\text{Vst}}$ ) ständig so stark vorbelastet, daß sie ständig, also schon bei geringen horizontalen Kraftkomponenten, ja sogar ohne jegliche horizontale Kraftkomponente, in einem Arbeitsbereich mit befriedigender Meßgenauigkeit arbeiten.

Als besonders vorteilhaft hat sich die Festlegung der Winkel ( $\gamma$  und  $\delta$ ) auf jeweils  $45^\circ$  herausgestellt.

Im übrigen gelten, soweit sich aus dem vorstehenden nichts anderes ergibt, die zu einem Ausführungsbeispiel gemachten Ausführungen für das andere direkt oder entsprechend mit.

Der Fachmann erkennt, daß sich der Schutzbereich der Erfindung nicht in den Ausführungsbeispielen erschöpft, sondern alle Ausgestaltungen umfaßt, deren Merkmale sich den Patentansprüchen unterordnen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Abbremsung eines aus wenigstens zwei Einzelfahrzeugen (4, 6) bestehenden Fahrzeugzuges, worin wenigstens ein Einzelfahrzeug (6) von einem stützenden Einzelfahrzeug (4) gestützt wird und die Einzelfahrzeuge an jeder Achsgruppe (1, 2, 3) wenigstens eine durch Energiezufuhr betätigte Bremse (28, 30, 20) aufweisen, gekennzeichnet durch folgende Schritte bei einer Bremsbetätigung

- a) es werden die horizontale Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) und die vertikale Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) der zwischen den Einzelfahrzeugen (4, 6) wirkenden Kraft ( $F_{ist}$ ) sowie die Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) ermittelt;
- b) aus der vertikalen Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) und der Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) wird eine horizontale Soll-Komponente ( $F_{hsoll}$ ) berechnet;
- c) der Wert der der Bremse bzw. den Bremsen (28, 30, 20) wenigstens eines Einzelfahrzeugs (4, 6) zugeführten Energie wird so eingestellt, daß die horizontale Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) sich der horizontalen Soll-Komponente ( $F_{hsoll}$ ) angleicht.
2. Verfahren zur Abbremsung eines aus wenigstens zwei Einzelfahrzeugen (4, 6) bestehenden Fahrzeugzuges; worin wenigstens ein Einzelfahrzeug (6) von einem stützenden Einzelfahrzeug (4) gestützt wird und die Einzelfahrzeuge an jeder Achsgruppe (1, 2, 3) wenigstens eine durch Energiezufuhr betätigte Bremse (28, 30, 20) aufweisen, gekennzeichnet durch folgende Schritte bei einer Bremsbetätigung
- a) es werden das Verhältnis ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) der horizontalen Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) zu der vertikalen Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) der zwischen den Einzelfahrzeugen (4, 6) wirkenden Kraft ( $F_{ist}$ ) und das Verhältnis (b/g) der Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) zu der Erdbeschleunigung (g) ermittelt;
- b) der Wert der der Bremse bzw. den Bremsen (28, 30, 20) wenigstens eines Einzelfahrzeugs (4, 6) zugeführten Energie wird so eingestellt, daß sich die genannten Verhältnisse ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) und (b/g) einander angleichen.
3. Verfahren zur Abbremsung eines aus wenigstens zwei Einzelfahrzeugen (4, 6) bestehenden Fahrzeugzuges; worin wenigstens ein Einzelfahrzeug (6) von einem stützenden Einzelfahrzeug (4) gestützt wird und die Einzelfahrzeuge an jeder Achsgruppe (1, 2, 3) wenigstens eine durch Energiezufuhr betätigte Bremse (28, 30, 20) aufweisen, gekennzeichnet durch folgende Schritte bei einer Bremsbetätigung
- a) es werden das Verhältnis ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) der horizontalen Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) zu der vertikalen Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) der zwischen den Einzelfahrzeugen (4, 6) wirkenden Kraft ( $F_{ist}$ ) und die Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) ermittelt;
- b) der Wert der der Bremse bzw. den Bremsen (28, 30, 20) wenigstens eines Einzelfahrzeugs (4, 6) zugeführten Energie wird so eingestellt, daß sich das Produkt ( $F_{hist} \times g/F_{vist}$ ) aus dem genannten Verhältnis ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) und der Erdbeschleunigung (g) dem Wert der Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) angleicht.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) der Ist-Komponenten ( $F_{hist}$ ,  $F_{vist}$ ) mittels Kraftmessungen gewonnen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) der Ist-Komponenten ( $F_{hist}$ ,  $F_{vist}$ ) mittels Messung des Angriffswinkels ( $\alpha$  bzw.  $\beta$ ) der zwischen den Einzelfahrzeugen (4, 6) wirkenden Kraft ( $F_{ist}$ ) gewonnen wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Beginn

- der Bremsbetätigung die Energie der Bremse bzw. den Bremsen (20) des gestützten Einzelfahrzeugs (b) mit einer in vorangegangenen Bremsbetätigungen gelernten Grundeinstellung zugeführt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die horizontale Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) und die vertikale Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) mittels Kraftmessungen in zur Vertikalen und/oder zur Horizontalen geneigten Richtungen ( $\gamma, \delta$ ) ermittelt werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftmessungen in zur Vertikalen und/oder zur Horizontalen geneigten Richtungen ( $\gamma, \delta$ ) erfolgen.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 6 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als horizontale Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) der ermittelte Wert, vermindert um die bei Beginn der Bremsbetätigung etwa aus der vorherigen Fahrt mit gleichbleibender Fahrgeschwindigkeit vorhandene horizontale Kraftkomponente, verwendet wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Verhältnis ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) der ermittelte Wert, vermindert um das bei Beginn der Bremsbetätigung etwa aus der vorherigen Fahrt mit gleichbleibender Fahrgeschwindigkeit vorhandene Verhältnis der horizontalen zur vertikalen Kraftkomponente, verwendet wird.
11. Fahrzeugzug zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit
- einem die Energiezufuhr zu den Bremsen (28, 30) des stützenden Einzelfahrzeugs (4) wenigstens mitbestimmenden Bremswertgeber (10; 35),
- einer die Energiezufuhr zu der Bremse (20) des gestützten Einzelfahrzeugs (b) wenigstens mitbestimmenden Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) mit wenigstens einem elektrischen Steuereingang (24),
- einer die zwischen den Einzelfahrzeugen (4, 6) wirkende Kraft ( $F_{ist}$ ) übertragenden Kupplung (5),
- einer Komponenten dieser Kraft ( $F_{ist}$ ) messenden Kraftmeßeinrichtung (17),
- einer die Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) messenden Verzögerungsmeßeinrichtung (12) sowie
- einer Auswerteschaltung (14), die mit der Kraftmeßeinrichtung (17) und der Verzögerungsmeßeinrichtung (12) verbundene Eingänge (16, 13) und wenigstens einen mit dem elektrischen Steuereingang (24) der Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) verbundenen Ausgang (15) aufweist,
- gekennzeichnet durch eine Ausbildung der Auswerteschaltung (14) derart, daß diese
- a) aus den Signalen der Kraftmeßeinrichtung (17) die horizontale Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) und die vertikale Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) berechnet,
- b) aus der vertikalen Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) und der Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) die horizontale Soll-Komponente ( $F_{hsoll}$ ) berechnet,
- c) die horizontale Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) mit der horizontalen Soll-Komponente ( $F_{hsoll}$ ) vergleicht,
- d) beim Feststellen einer Ungleichheit ein Steuersignal an die Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) abgibt.
12. Fahrzeugzug zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit
- einem die Energiezufuhr zu den Bremsen (28, 30)



des stützenden Einzelfahrzeugs (4) wenigstens mitbestimmenden Bremswertgeber (10; 35), einer die Energiezufuhr zu der Bremse (20) des gestützten Einzelfahrzeugs (6) wenigstens mitbestimmenden Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) mit wenigstens einem elektrischen Steuereingang (24), einer die zwischen den Einzelfahrzeugen (4, 6) wirkende Kraft ( $F_{ist}$ ) übertragenden Kupplung (5), einer die horizontale Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) und die vertikale Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) dieser Kraft ( $F_{ist}$ ) messenden Kraftmeßeinrichtung (17), einer die Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) messenden Verzögerungsmeßeinrichtung (12) sowie einer Auswerteschaltung (14), die mit der Kraftmeßeinrichtung (17) und der Verzögerungsmeßeinrichtung (12) verbundene Eingänge (16, 13) und wenigstens einen mit dem elektrischen Steuereingang der Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) verbundenen Ausgang (15) aufweist, gekennzeichnet durch eine Ausbildung der Auswerteschaltung (14) derart, daß diese

- a) aus der vertikalen Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) und der Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) die horizontale Soll-Komponente ( $F_{hsoll}$ ) berechnet,
- b) die horizontale Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) mit der horizontalen Soll-Komponente ( $F_{hsoll}$ ) vergleicht,
- c) beim Feststellen einer Ungleichheit ein Steuersignal an die Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) abgibt.

13. Fahrzeugzug zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 2 mit einem die Energiezufuhr zu den Bremsen (28, 30) des stützenden Einzelfahrzeugs (4) wenigstens mitbestimmenden Bremswertgeber (10; 35), einer die Energiezufuhr zu der Bremse (20) des gestützten Einzelfahrzeugs (6) wenigstens mitbestimmenden Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) mit wenigstens einem elektrischen Steuereingang (24), einer die zwischen den Einzelfahrzeugen (4, 6) wirkende Kraft ( $F_{ist}$ ) übertragenden Kupplung (5), einer Komponenten dieser Kraft ( $F_{ist}$ ) messenden Kraftmeßeinrichtung (17), einer die Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) messenden Verzögerungsmeßeinrichtung (12) sowie einer Auswerteschaltung (14), die mit der Kraftmeßeinrichtung (17) und der Verzögerungsmeßeinrichtung (12) verbundene Eingänge (16, 13) und wenigstens einen mit dem elektrischen Steuereingang (24) der Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) verbundenen Ausgang (15) aufweist, gekennzeichnet durch eine Ausbildung der Auswerteschaltung (14) derart, daß diese

- a) aus den Signalen der Kraftmeßeinrichtung (17) die horizontale Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) und die vertikale Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) berechnet,
- b) das Verhältnis ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) der horizontalen Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) zu der vertikalen Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) und das Verhältnis ( $b/g$ ) der Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) zu der Erdbeschleunigung (g) bildet,
- c) die genannten Verhältnisse ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) und ( $b/g$ ) miteinander vergleicht,
- d) beim Feststellen einer Ungleichheit ein Steuersignal an die Mitsteuereinrichtung (19,

25; 36, 37; 37) abgibt.

14. Fahrzeugzug zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 2 mit einem die Energiezufuhr zu den Bremsen (28, 30) des stützenden Einzelfahrzeugs (4) wenigstens mitbestimmenden Bremswertgeber (10; 35), einer die Energiezufuhr zu der Bremse (20) des gestützten Einzelfahrzeugs (6) wenigstens mitbestimmenden Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) mit wenigstens einem elektrischen Steuereingang (24), einer die zwischen den Einzelfahrzeugen (4, 6) wirkende Kraft ( $F_{ist}$ ) übertragenden Kupplung (5), einer die horizontale Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) und die vertikale Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) dieser Kraft ( $F_{ist}$ ) messenden Kraftmeßeinrichtung (17), einer die Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) messenden Verzögerungsmeßeinrichtung (12) sowie einer Auswerteschaltung (14), die mit der Kraftmeßeinrichtung (17) und der Verzögerungsmeßeinrichtung (12) verbundene Eingänge (16, 13) und wenigstens einen mit dem elektrischen Steuereingang (24) der Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) verbundenen Ausgang (15) aufweist, gekennzeichnet durch eine Ausbildung der Auswerteschaltung (14) derart, daß diese

- a) das Verhältnis ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) der horizontalen Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) zu der vertikalen Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) und das Verhältnis ( $b/g$ ) der Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) zu der Erdbeschleunigung (g) bildet,
- b) die genannten Verhältnisse ( $F_{hist}/F_{vist}$  und  $b/g$ ) miteinander vergleicht,
- c) beim Feststellen einer Ungleichheit ein Steuersignal an die Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) abgibt.

15. Fahrzeugzug zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 3 mit einem die Energiezufuhr zu den Bremsen (28, 30) des stützenden Einzelfahrzeugs (4) wenigstens mitbestimmenden Bremswertgeber (10; 35), einer die Energiezufuhr zu der Bremse (20) des gestützten Einzelfahrzeugs (6) wenigstens mitbestimmenden Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) mit wenigstens einem elektrischen Steuereingang (24), einer die zwischen den Einzelfahrzeugen (4, 6) wirkende Kraft ( $F_{ist}$ ) übertragenden Kupplung (5), einer Komponenten dieser Kraft ( $F_{ist}$ ) messenden Kraftmeßeinrichtung (17), einer die Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) messenden Verzögerungsmeßeinrichtung (12) sowie einer Auswerteschaltung (14), die mit der Kraftmeßeinrichtung (17) und der Verzögerungsmeßeinrichtung (12) verbundene Eingänge (16, 13) und wenigstens einen mit dem elektrischen Steuereingang (24) der Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) verbundenen Ausgang (15) aufweist, gekennzeichnet durch eine Ausbildung der Auswerteschaltung (14) derart, daß diese

- a) aus den Signalen der Kraftmeßeinrichtung (17) die horizontale Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) und die vertikale Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) berechnet,
- b) das Verhältnis ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) der horizontalen Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) zu der vertikalen Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) und das Produkt ( $F_{hist} \times g/F_{vist}$ ) aus diesem Verhältnis ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) und der Erdbeschleunigung (g) bildet,
- c) das genannte Produkt ( $F_{hist} \times g/F_{vist}$ ) mit



der Ist-Fahrzeugverzögerung (b) vergleicht,  
d) beim Feststellen einer Ungleichheit ein  
Steuersignal an die Mitsteuereinrichtung (19,  
25; 36, 37; 37) abgibt.

berechnet wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

16. Fahrzeugzug zur Durchführung des Verfahrens 5  
nach Anspruch 3 mit

einem die Energiezufuhr zu den Bremsen (28, 30)  
des stützenden Einzelfahrzeugs (4) wenigstens mit-  
bestimmenden Bremswertgeber (10; 35),  
einer die Energiezufuhr zu der Bremse (20) des ge- 10  
stützten Einzelfahrzeugs (6) wenigstens mitbestim-  
menden Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37).  
mit wenigstens einem elektrischen Steuereingang  
(24),

einer die zwischen den Einzelfahrzeugen (4, 6) wir- 15  
kende Kraft ( $F_{ist}$ ) übertragenden Kupplung (5),  
einer die horizontale Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) und die  
vertikale Ist-Komponente ( $F_{vist}$ ) dieser Kraft ( $F_{ist}$ )  
messenden Kraftmeßeinrichtung (17),

einer die Ist-Fahrzeugzugverzögerung (b) messen- 20  
den Verzögerungsmeßeinrichtung (12) sowie  
einer Auswerteschaltung (14), die mit der Kraft-  
meßeinrichtung (17) und der Verzögerungsmeßein-  
richtung (12) verbundene Eingänge (16, 13) und we-  
nigstens einen mit dem elektrischen Steuereingang 25  
(20) der Mitsteuereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37)  
verbundenen Ausgang (15) aufweist,

gekennzeichnet durch eine Ausbildung der Aus-  
werteschaltung (14) derart, daß diese

a) das Verhältnis ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) der horizontalen 30  
Ist-Komponente ( $F_{hist}$ ) zu der vertikalen Ist-  
Komponente ( $F_{vist}$ ) und das Produkt ( $F_{hist} \times$   
 $g/F_{vist}$ ) aus diesem Verhältnis ( $F_{hist}/F_{vist}$ ) und  
der Erdbeschleunigung ( $g$ ) bildet,

b) das genannte Produkt ( $F_{hist} \times g/F_{vist}$ ) mit 35  
der Ist-Fahrzeugverzögerung (b) vergleicht,

c) beim Feststellen einer Ungleichheit ein  
Steuersignal an die Mitsteuereinrichtung (19,  
25; 36, 37; 37) abgibt.

17. Fahrzeugzug nach einem der Ansprüche 13 bis 40  
16, dadurch gekennzeichnet daß die Kraftmeßein-  
richtung (17) als den Angriffswinkel ( $\alpha$ ) zur Senk-  
rechten oder ( $\beta$ ) zur Waagerechten der zwischen  
den Einzelfahrzeugen (4, 6) wirkenden Kraft ( $F_{ist}$ )  
messende Winkelmeßeinrichtung mit Rechenstufe 45  
zur Ermittlung des Tangens ( $\tan \alpha$ ) des Angriffswin-  
kels ( $\alpha$ ) zur Senkrechten oder des Cotangens  
( $\cot \beta$ ) des Angriffswinkels ( $\beta$ ) zur Waagerechten  
ausgebildet ist.

18. Fahrzeugzug nach einem der Ansprüche 11 bis 50  
17, gekennzeichnet durch eine Ausbildung der Aus-  
werteschaltung (14) derart, daß diese bei wenig-  
stens einer Bremsbetätigung das Verhältnis zwi-  
schen der wenigstens einer Bremse (28, 30) des stüt- 55  
zenden Einzelfahrzeugs (4) und der der Bremse (20)  
des gestützten Einzelfahrzeugs (6) zugeführten  
Energien speichert und bei Beginn wenigstens ei-  
ner folgenden Bremsbetätigung das an die Mitsteu-  
ereinrichtung (19, 25; 36, 37; 37) abgegebene Steu-  
ersignal so bemißt, daß die Werte der den genann- 60  
ten Bremsen (28, 38, 20) zugeführten Energien das  
gespeicherte Verhältnis annehmen.

19. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die horizontale Soll-Komponente  
( $F_{hsoll}$ ) nach der Beziehung 65

$$F_{hsoll} = F_{vist} \cdot b/g$$

- Leerseite -

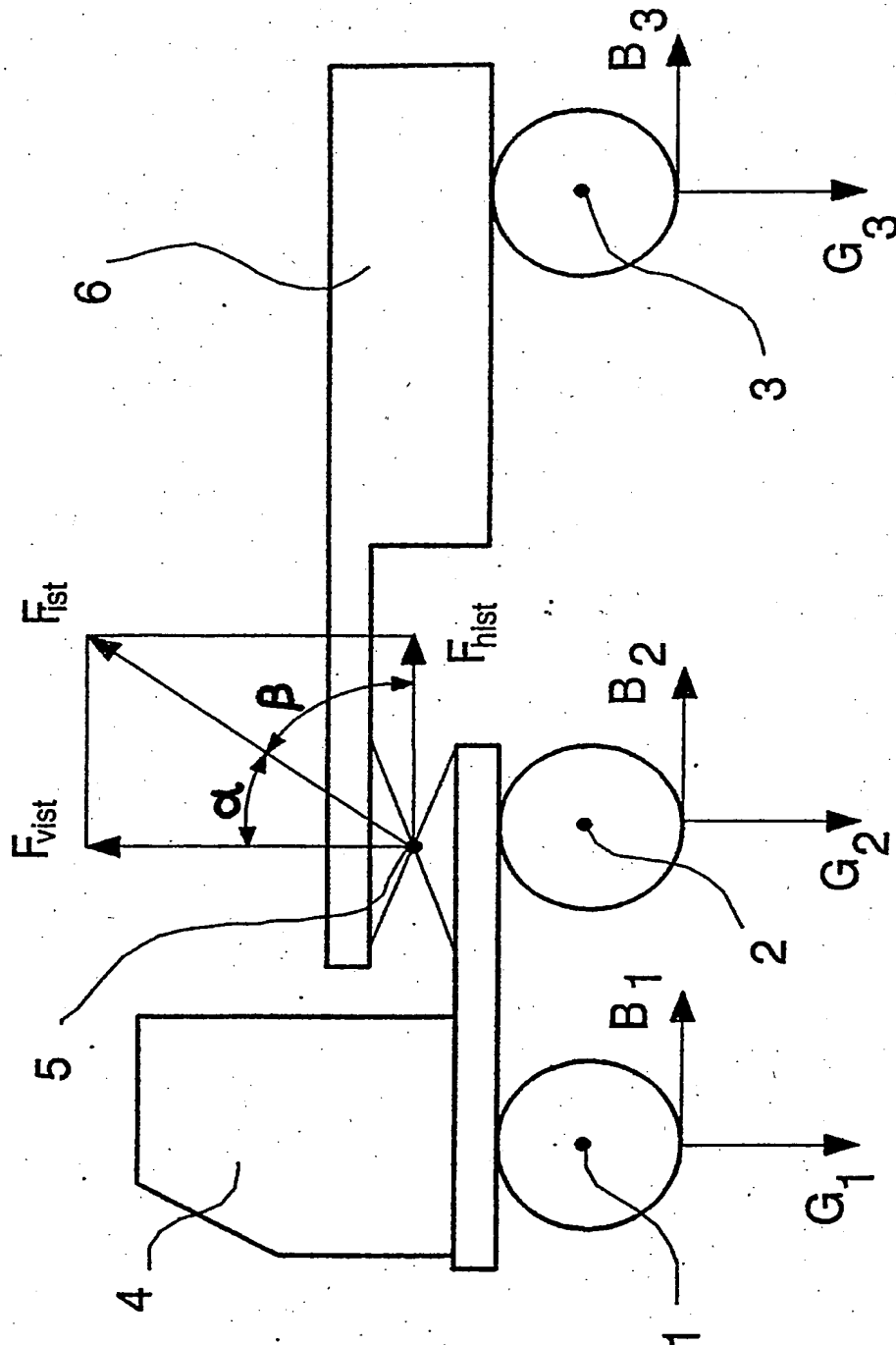


Fig.1

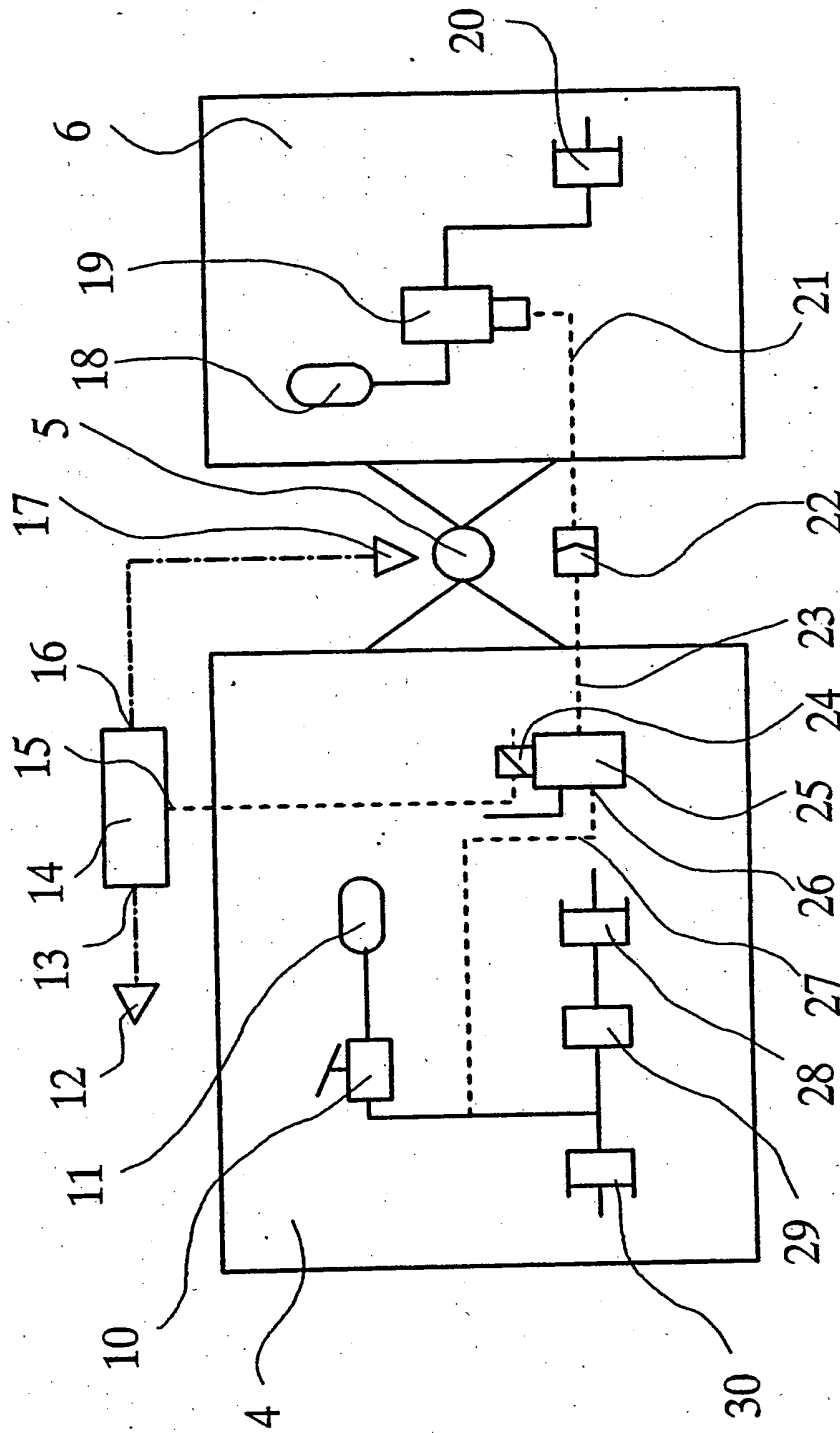


Fig.2

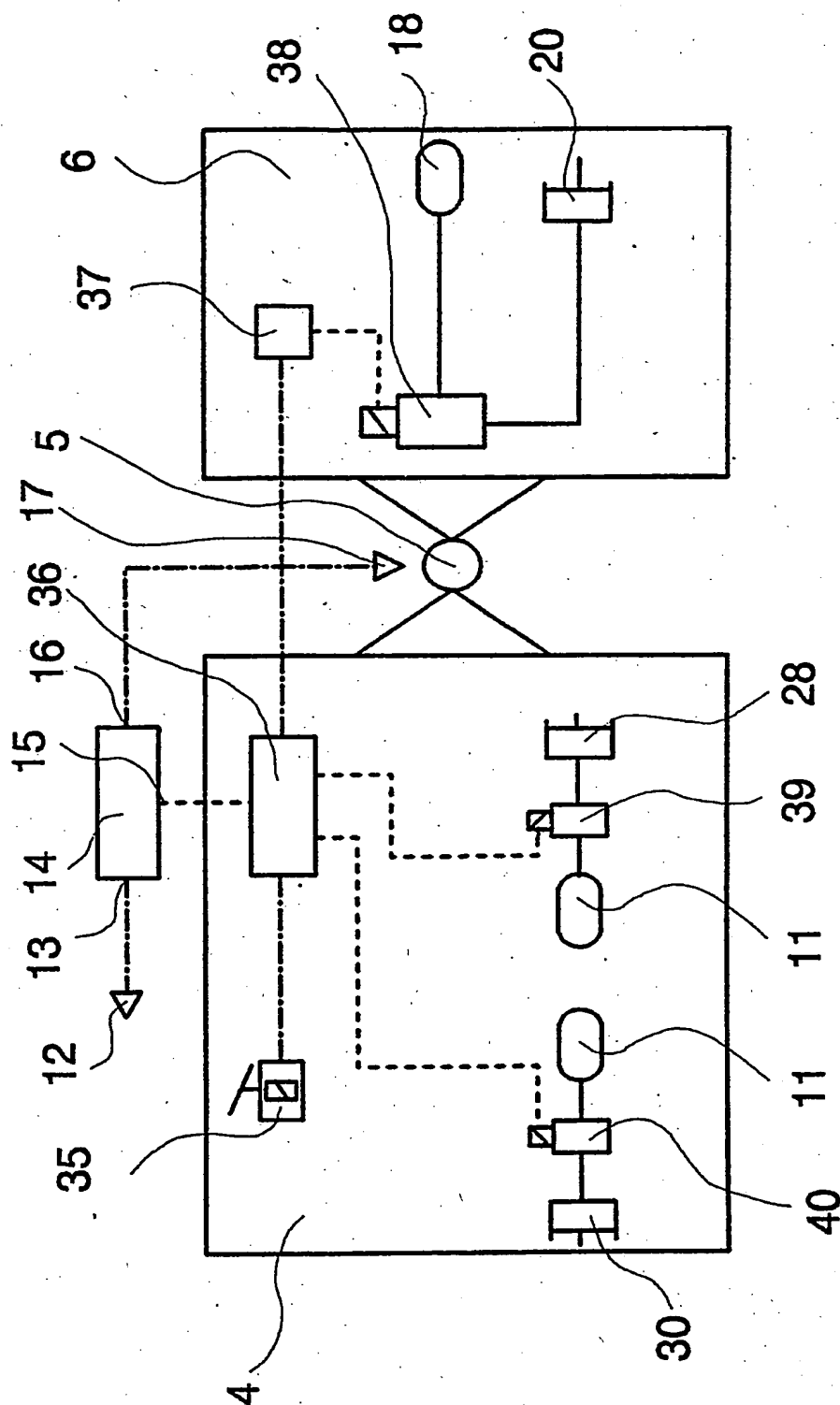


Fig.3

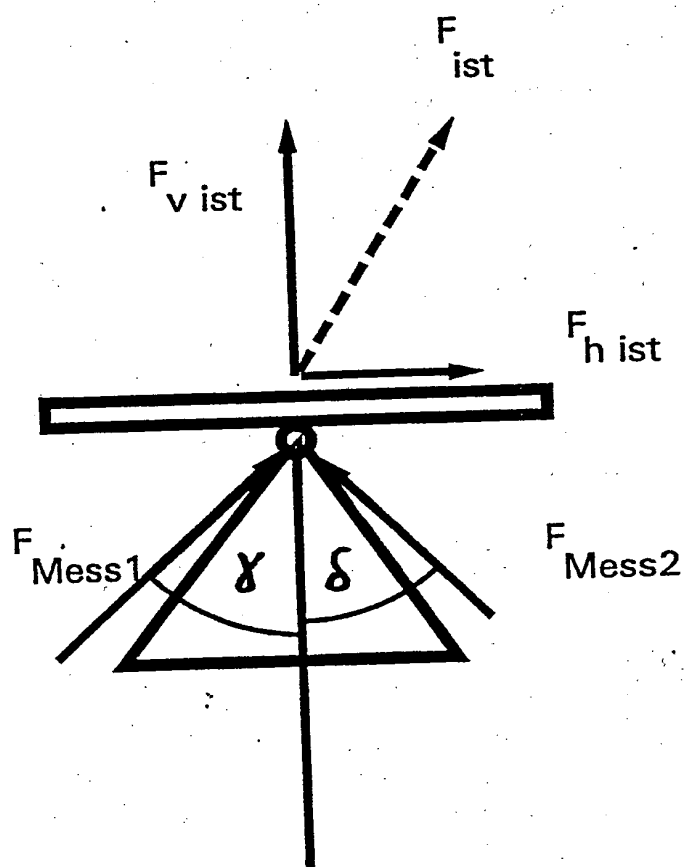


Fig. 4